Campo Eléctrico

Evelyn B. Riveros S.

UDD

S1-2022

Contenidos

1. Definición Campo
2. ¿Qué es un campo eléctrico?
3. ¿Qué produce un campo eléctrico?
4. ¿Cómo se representan los campos eléctricos?
5. ¿Cómo calculamos un campo eléctrico?
   - Campo eléctrico de una carga puntual
   - Campo eléctrico de distribuciones continuas

Definición Campo

¿Qué es un campo?

Un campo es una cantidad física que existe en una región del espacio y depende de la posición.

Los campos pueden ser:

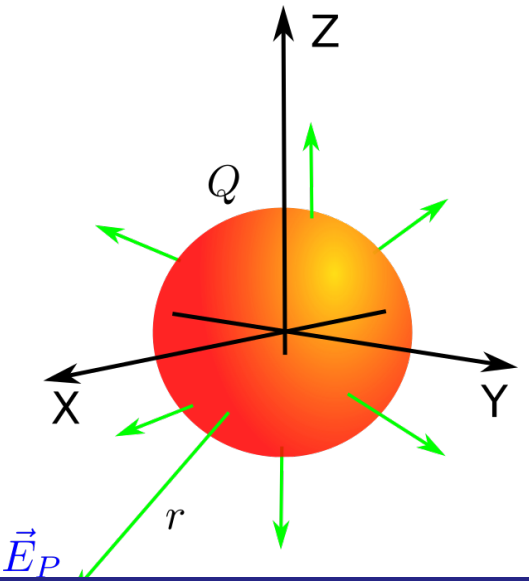
- Escalares
  - campo de temperaturas
  - campo de energía potencial
  - campo de potencial eléctrico
- Vectoriales:
  - campo de fluídos
  - campo gravitacional
  - campo eléctrico

¿Qué es un campo eléctrico?

Es la proyección eléctrica de una carga eléctrica en el espacio.

Sea una carga q en algún lugar del espacio. ésta se proyecta afectando el espacio que la rodea.
Una carga eléctrica puede ser percibida por otro cuerpo que posea la misma propiedad eléctrica: ej. una carga de prueba q_0.
Así, q_0, actúa como un sensor que me permite evidenciar un campo eléctrico.

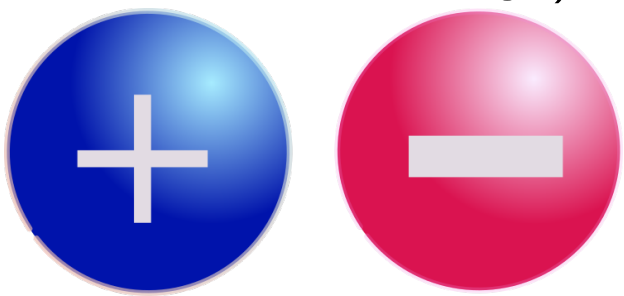
No permite conocer qué produce el campo eléctrico:



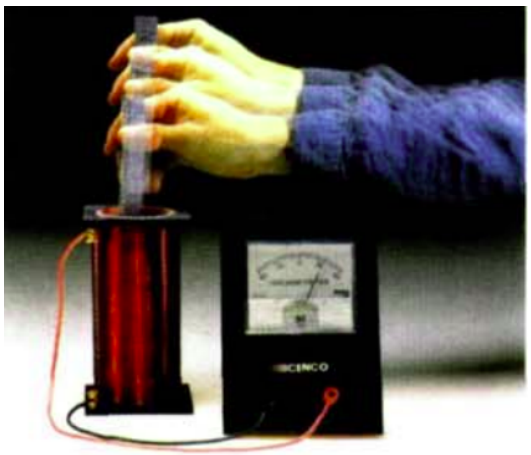
Fuentes de un campo eléctrico

El campo eléctrico puede ser producido por:

- cargas eléctricas (puntuales o distribuciones de carga)

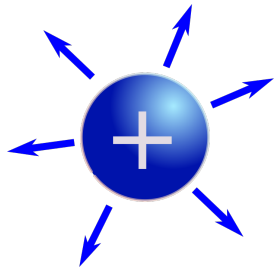


- fluctuaciones de campos magnéticos

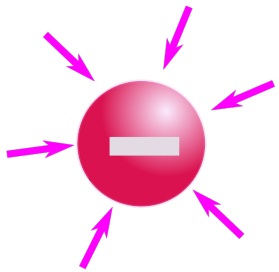


¿Cómo se representan los campos eléctricos?

Se representa por medio de líneas de fuerza que se "producen en la interacción de la carga q y la carga q_0 en el espacio.
El vector de campo eléctrico es tangente en cada punto a la línea de fuerza.
Para cargas positivas las líneas apuntan en dirección radial hacia afuera de la carga (Divergentes).



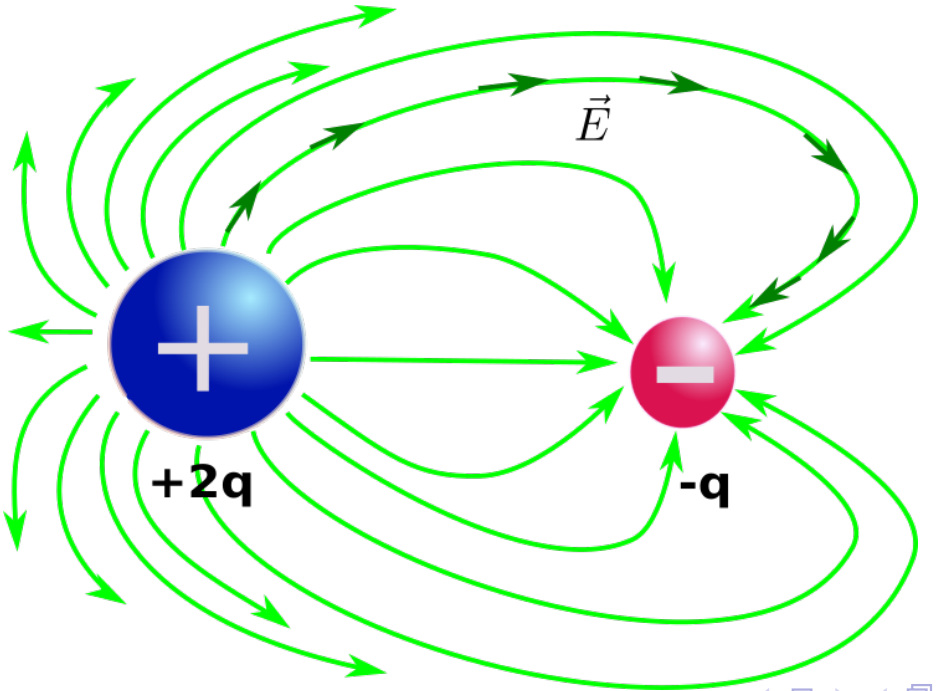
Para cargas negativas las líneas apuntan radialmente hacia la carga.



¿Cómo se representan los campos eléctricos?

Las reglas para trazar las líneas de campo eléctrico de cualquier distribución de carga son:

- Las líneas deben comenzar en la carga positiva y terminar en la carga negativa o bien en el infinito.
- El número de líneas de carga es proporcional a la magnitud de la carga.
- Dos líneas de carga no pueden cruzarse.



¿Cómo calculamos un campo eléctrico?

Cuando una carga de prueba q_0 se ubica en un lugar del espacio en donde hay un campo eléctrico, ésta experimenta una interacción eléctrica (fuerza eléctrica), que es proporcional a la carga q_0.
Se puede definir el campo eléctrico de esta forma:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \tag{1}$$

Esta relación indica que si puedo medir la fuerza eléctrica $\vec{F}$ de alguna manera y conozco la carga de prueba q_0 es posible calcular el campo eléctrico en ese punto.

¿Cómo calculamos un campo eléctrico?

Campo eléctrico carga puntual

Si la fuerza eléctrica es producida por una carga eléctrica q, entonces empleando la Ley de Coulomb, obtenemos a partir de (1) que el campo eléctrico en un punto P en el espacio está dado por:

$$\vec{E}_P = K\frac{q}{r_{qP}^2}\hat{r}_{qP}[N/C] \tag{2}$$

Consideraciones:

- Las cargas de prueba son positivas
- La carga q_0 es una carga muy pequena, casi imperceptible comparada con la distribución q
- q_0 NO es capaz de cambiar la distribución de cargas de q.
- La intensidad del campo eléctrico depende de la distancia entre el punto P (en donde se ubicaría la carga de prueba) y q

Principio de superposición

Principio de superposición

El campo eléctrico total en un punto P debido a un sistema de varias cargas (puntuales o distribuciones), es igual al vector resultante de la suma de los campos eléctricos producidos por las cargas individuales en el punto P.

Este resultado se ha demostrado experimentalmente.

En particular, para un sistema formado por varias cargas puntuales:

$$\vec{E}_P = K\Sigma_{i=1}^{n} \frac{q_i}{r_{iP}^2} \hat{r}_{iP} [N/C]$$

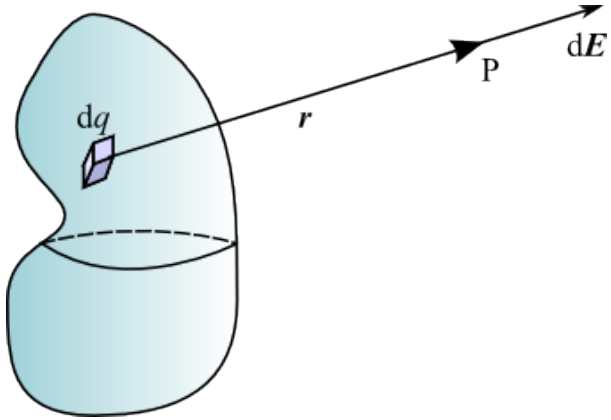
Ejercicio

Ejercicio propuesto

Sea un sistema compuesto por dos cargas $q_1 = 10q[C]$ y $q_2 = -5q[C]$, ubicadas en los puntos $P_1 = (4a, 0, 0)$ y $P_2 = (0, 6a, 0)$.
Determine el campo eléctrico resultante en un punto P ubicado en $(12a, 6a, 0)$, donde a es una constante positiva.
Compare su resultado con un análisis cualitativo del sistema.
Considere que las posiciones están medidas en S.I..Deje sus resultados expresados en términos de las variables del problema: K, q, a,etc.
(Rpta: $\frac{Kq}{a^2}(0,045\hat{x} + 0,06\hat{y})[N/C]$)

Campo eléctrico de distribuciones continuas

Las cargas eléctricas no necesariamente "corresponden a cargas puntuales", pueden distribuirse en volúmenes, superficies o líneas, y adoptar formas exóticas:



Campo eléctrico de una distribución de carga

En general, para calcular el campo eléctrico producido por una distribución de carga, optamos por dividirla en trozos muy pequenos, tal que los podemos considerar cargas puntuales. Cada uno de esos trozos contiene una carga diferencial dq y entendemos que cada uno de ellos produce un diferencial de campo eléctrico $d\vec{E}$ en el punto P.

Campo eléctrico de distribuciones continuas

Aplicamos la ecuación (2) para calcular el campo eléctrico producido por una carga puntual a un diferencial de carga dq:

$$d\vec{E} = K\frac{dq}{r^2}\hat{r} \tag{3}$$

Si consideramos que el diferencial de carga $dq \to 0$, podemos calcular el campo eléctrico producido por la distribución sumando todas las contribuciones de los diferenciales de carga, es decir:

$$\vec{E} = \Sigma d\vec{E} = \int d\vec{E}$$

es decir:

$$\vec{E} = \int_Q K\frac{dq}{r^2}\hat{r}$$

Esta expresión la usamos para calcular el campo eléctrico en distribuciones de: 1D, 2D y 3D.

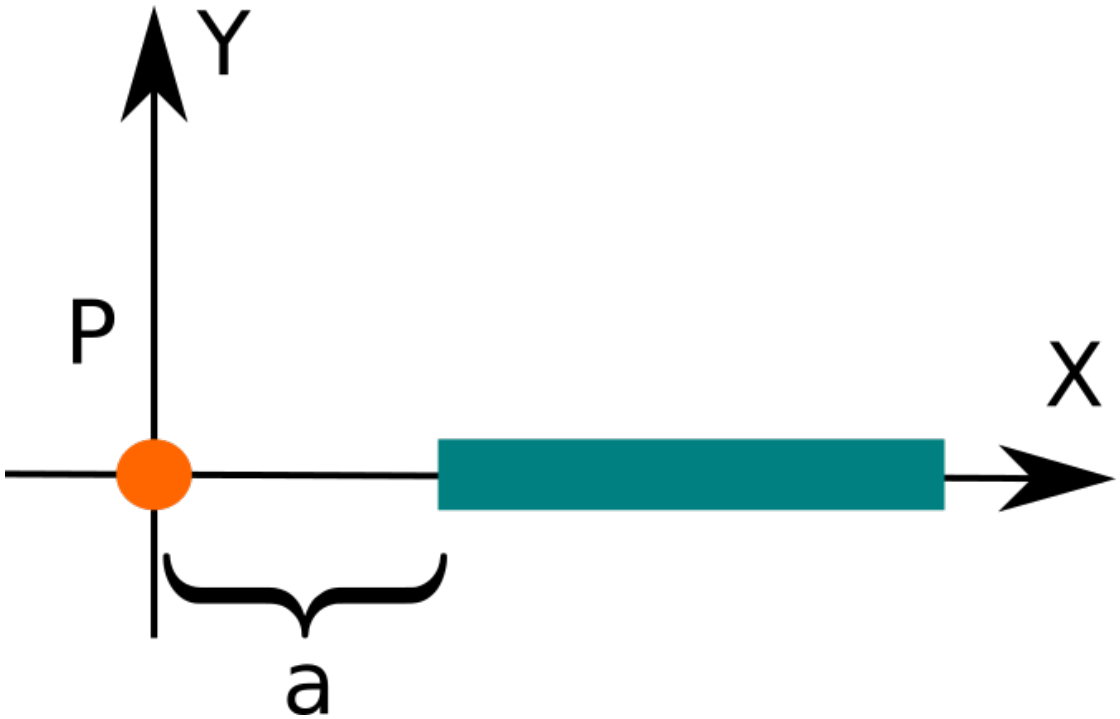
Campo eléctrico de distribuciones continuas

Las distribuciones pueden ser homogéneas (cada elemento de carga tiene similares características con respecto a otro) o no homogénea, dependiendo de la densidad de distribución de carga.

- Distribuciones en 1D: $\lambda[C/m]$
- Distribuciones en 2D: $\sigma[C/m^2]$
- Distribuciones en 3D:$\rho[C/m^3]$

campo eléctrico de una barra: caso 1

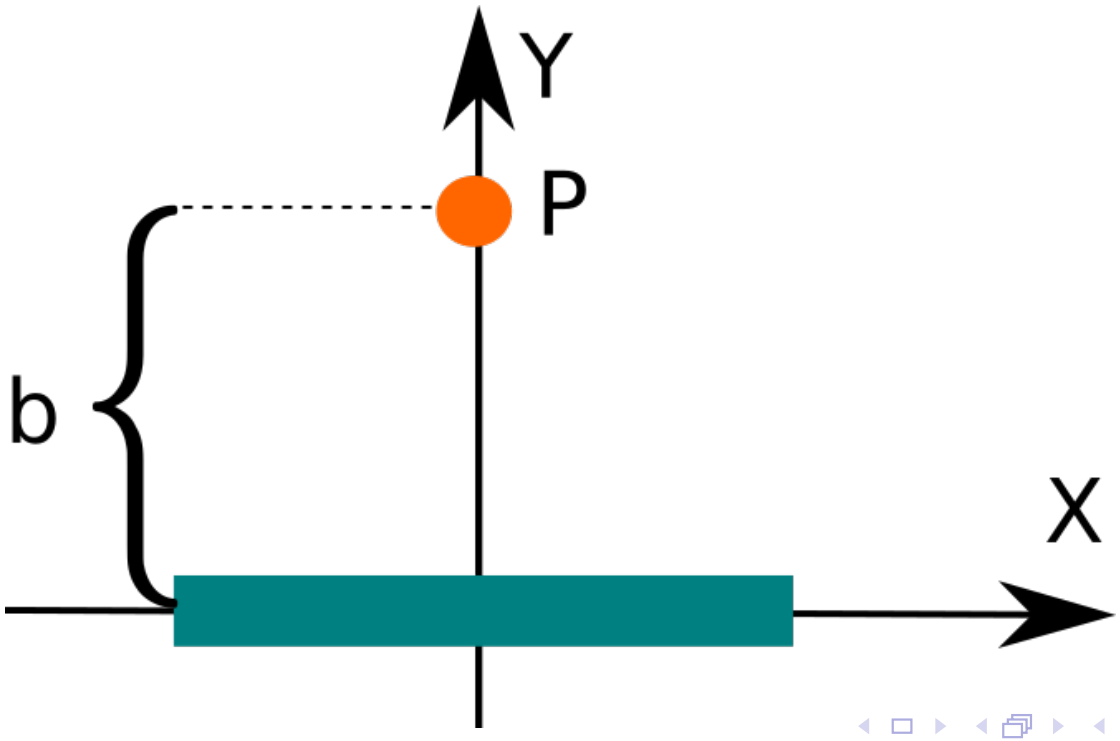
Sea una barra de largo $L[m]$ de carga total $Q[C]$, cuya densidad de distribución de carga $\lambda[C/m]$ es homogénea. La barra, se dispone a lo largo del eje X, distanciada del origen en $a[m]$, tal como se aprecia en la figura adjunta. Determine el campo eléctrico producido por la barra en el punto P ubicado en el origen del sistema de referencia



campo eléctrico de una barra: caso 2

Problema Desafío

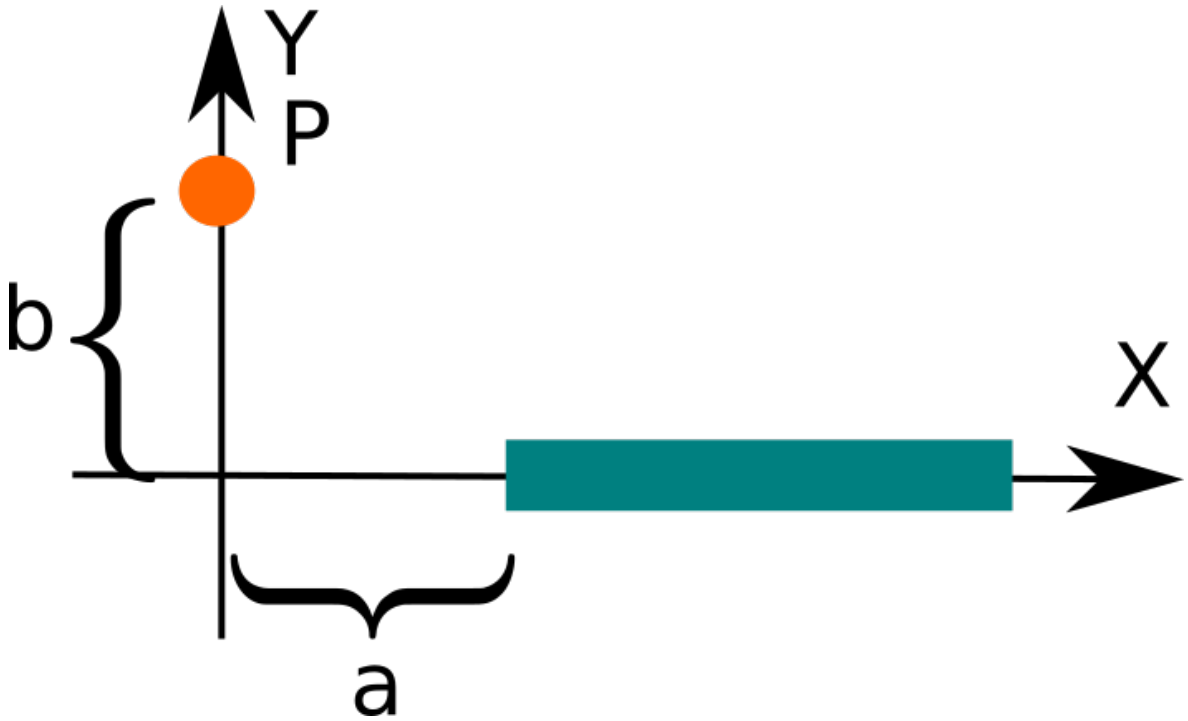
Sea una barra dispuesta a lo largo del eje X, de largo $L[m]$ y carga total $Q[C]$ con densidad de distribución de carga $\lambda[C/m]$ uniforme, ubicada sobre el eje X, tal como se aprecia en la figura. Determine el campo eléctrico producido por la barra en el punto P ubicado a $b[m]$ sobre el eje Y



%begincomment

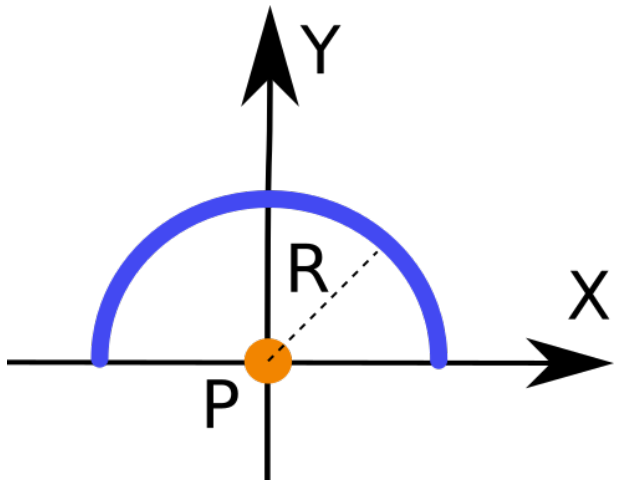
campo eléctrico de una barra: caso 3

Se dispone de una barra de largo $L[m]$ y carga Q ubicada en el eje X a una distancia $a[m]$, Si la distribución de carga es homogénea, determine el campo eléctrico generado por la barra en el punto P ubicado a $b[m]$ sobre el eje Y, tal como se indica en la figura.



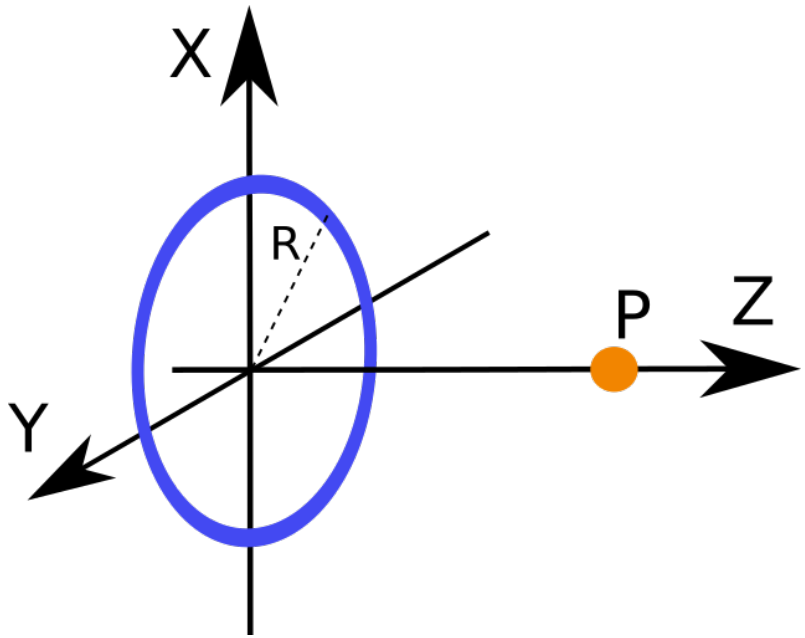
Campo eléctrico de un segmento de anillo

Se dispone de un segmento de anillo de radio $R[m]$ y carga total $Q[C]$ cuya densidad de distribución de carga $\lambda[C/m]$ es homogénea. Determine el campo eléctrico en el punto P ubicado en el origen del sistema de referencia



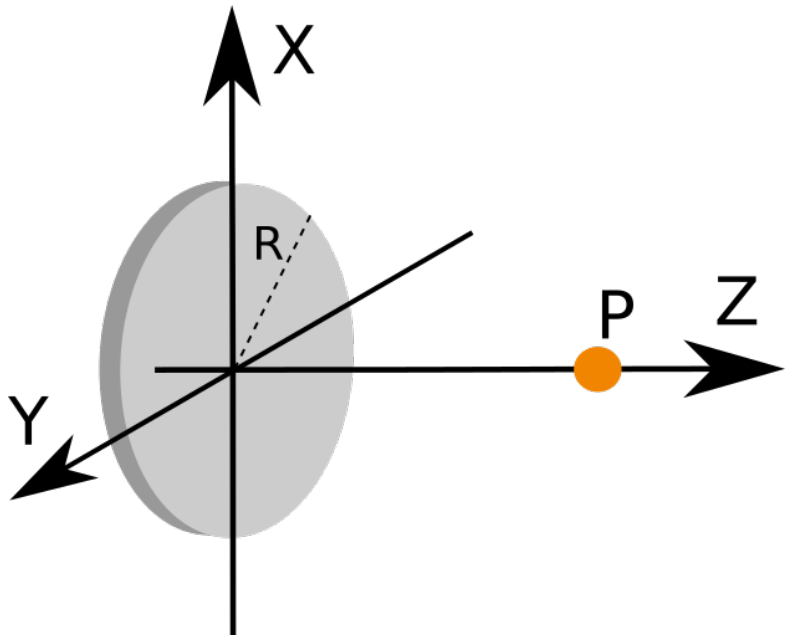
Campo eléctrico de un anillo

Se dispone de un anillo de radio $R[m]$ y carga total $Q[C]$ cuya densidad de distribución de carga $\lambda[C/m]$ es homogénea. Determine el campo eléctrico en el punto P ubicado a una distancia $b[m]$ del eje Z, tal como se indica en la figura adjunta.



Campo eléctrico de un disco

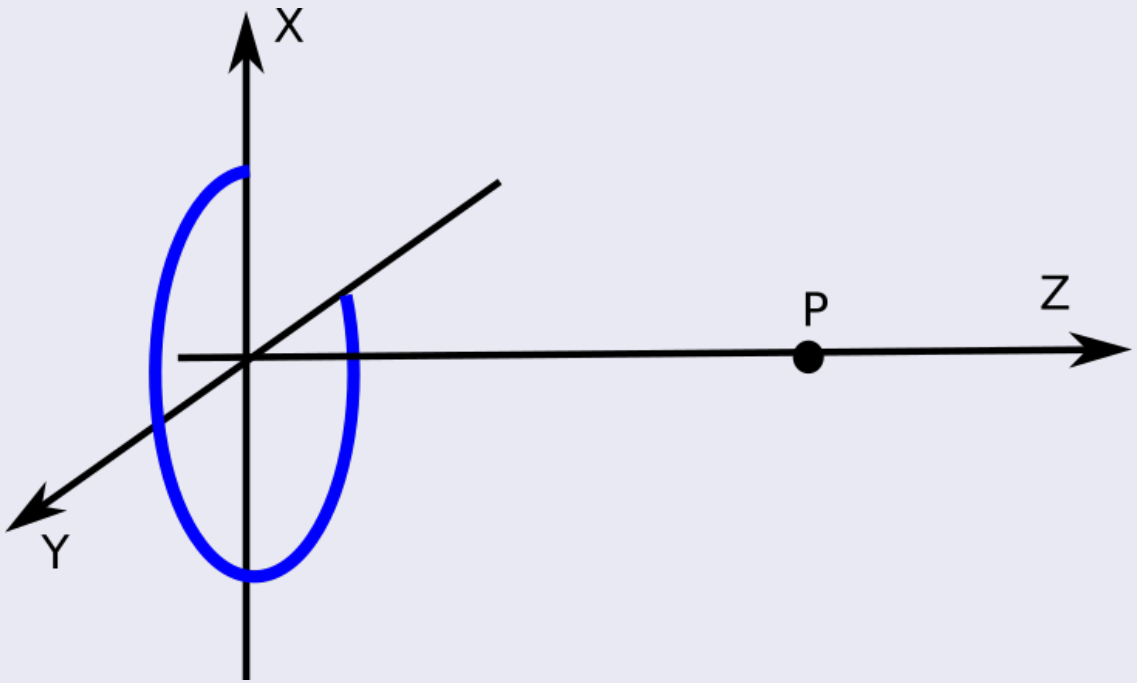
Se dispone de un disco de radio $R[m]$ y carga total $Q[C]$ cuya densidad de distribución superficial de carga $\sigma[C/m^2]$ es homogénea. Determine el campo eléctrico en el punto P ubicado a una distancia $z[m]$ del eje Z, tal como se indica en la figura adjunta.



Ejercicio Clase-Taller

Ejercicio 1

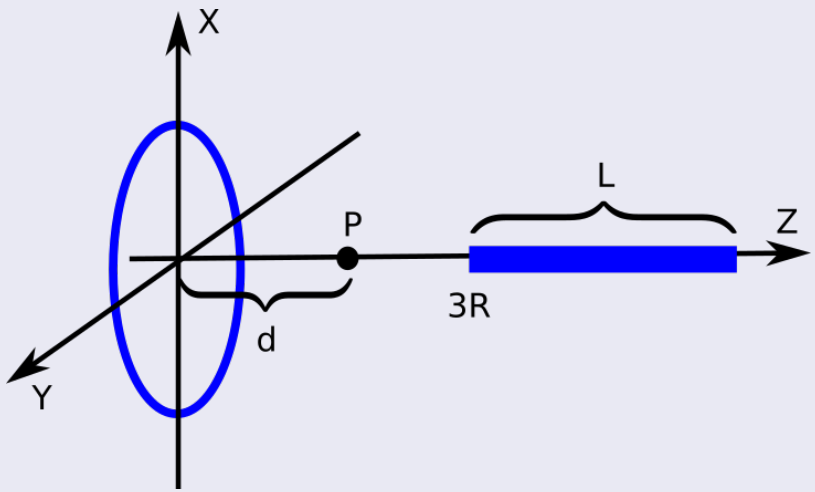
Se tiene una distribución de carga homogénea $_1$ distribuida en un segmento de anillo de radio R, el que está dispuesto en el plano XY, tal como se aprecia en la figura adjunta.
Si el segmento de anillo abarca un ángulo ente $0 \leq \theta \leq \frac{3\pi}{2}[rad]$, determine el campo eléctrico producido en un punto P ubicado a lo largo del eje Z.



Ejercicio Clase-Taller

Ejercicio 2

Se tienen dos distribuciones de carga con densidades de distribución λ_1 y λ_2 (desconocida) distribuidas homogéneamente en un anillo y en una línea respectivamente, dispuestas como se aprecia en la figura adjunta.
(a) Determine el campo eléctrico producido por las distribuciones en un punto P ubicado a d[m] del origen del sistema de referencia.
(b) Suponga ahora que en el punto P se coloca un carga Q, la que no experimenta ninguna interacción eléctrica, y además, que se cumple $d = R = \frac{1}{2}L$; determine la densidad de carga λ_2



Ejercicio Clase-Taller

Ejercicio 3

Se tiene un disco de radio R con distribución de carga uniforme. Sobre él, se ubica una carga de masa m y carga q, la cual se encuentra suspendida a una altura h por acción del campo eléctrico producido por el disco. Si $h << R$ determine la carga del disco.